

学校编码: 10384 分类号密级

学号: 31320091151830UDC

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

清洁煤发电的技术路径选择与 CO₂ 减排效果研究

Technology Path Selection and CO₂ Emissions Abatement
Effects Research on Clean Coal-Fired Power Generation

吴磊

指导教师姓名: 林伯强教授

专 业 名 称: 能源经济学

论文提交日期: 2012 年 4 月

论文答辩时间: 2012 年 月

学位授予日期: 2012 年 月

答辩委员会主席:

评阅人:

2012 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

能源问题是关系到中国未来数十年能否持续高速增长的重要问题,尤其是在环境、能源供给和碳排放多重约束下。中国经济能否仍然保持两位数或接近两位数的增长,一直是社会学家、经济学家们关注的问题。

长期以来,中国的经济发展靠的是粗放型的方式,并不计较能源投入以及能源消费带来的环境问题。随着中国经济的不断壮大,资源、能源、环境对发展的约束作用越来越明显。中国的能源结构中,煤炭是最重要、占比最高的一部分,而煤炭发电又是煤炭最主要的利用方式。因此,燃煤发电的清洁化极大的影响了中国的经济增长和环境保护,清洁煤发电也受到了学界、业界的重点关注。

本文对各种清洁煤发电类型的技术特点、发展趋势、动态经济性进行了研究,对清洁发电技术进行了综合的比较,总结了清洁发电技术的发展环境、发展动因,并从引致技术创新和路径依赖理论出发,对清洁煤发电的路径选择进行了分析。虽然当前和未来十年超超临界具有成本上的优势,但重点发展超超临界而忽视与CCS具有较好结合性,暂时没有表现出经济性的IGCC等技术会使得经济和工业体系对高碳发展的路径锁定,增加今后的减排成本和转换成本。此外,本文还对清洁煤发电技术的CO₂减排效果进行了计算,并结合环境政策的相关理论对中外相关政策进行了比较研究,针对中国目前的清洁煤发展状况提出了相应的政策建议。

关键词: 清洁煤发电; 引致创新; 路径依赖

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The very important energy issues are related to the problem of China's sustainable rapid growth in the next decades, especially in the multiple constraints of environment, energy supply and carbon emissions reduction. Whether China's economy will still keep or keep close to double-digit growth has been socialists' and economists' concern.

Over time, China's economy development has taken an extensive way, taking no account of the scale of energy input and the environment problem brought by energy consumption. As China's economy aggregate expands unceasingly, the restriction to economy development by resources, energy, and environment are more and more obvious. Coal, mainly used to generate electricity, occupies the most important part and highest proportion in China's energy structure. Therefore coal-fired power generation's getting cleaner, which industry and academia also focus on, significantly affects China's economy development and environment protection.

This article takes research on the technology features, development trends and dynamic economies of various clean coal-fired power generation types, following by a comprehensive comparison of them, and then summarizes the environment and motivation of development and analyzes the path selection of clean coal-fired generation via induced innovation and path dependence theories. Although USC technology possesses cost advantage right now or in the next decade, emphasizing the development of USC and ignoring other technologies e.g. IGCC, which is better in combination with CCS and nevertheless temporarily sub-economic, will make economy and industry system being locked-in high carbon development path, raising the abatement and switch cost in the future. In addition, this article calculates the carbon dioxide emissions abatement effects brought by clean coal-fired power generation technologies and suggests policy proposals against the status of China's clean coal-fired power generation development, regarding the comparative study of domestic and abroad policies via environment policy theories.

Key Words: Clean coal generation; Induced innovation; Path dependence

厦门大学博士论文摘要库

目录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 研究目的与研究方案	3
1.2.1 研究目的	3
1.2.2 研究方案	3
1.3 清洁煤发电研究概况	4
1.3.1 国外研究概况	4
1.3.2 国内研究概况	6
第二章 引致创新、路径依赖理论和环境政策	7
2.1 清洁煤电的创新发展概述	7
2.2 创新与技术进步的引致	7
2.2.1 价格引致	7
2.2.2 R&D 引致	8
2.2.3 学习引致	9
2.3 路径依赖和碳锁定	11
2.3.1 路径依赖	11
2.3.2 碳锁定	12
2.4 环境政策	13
2.4.1 立法	13
2.4.2 环境税	14
2.4.3 补贴	15
第三章 清洁煤发电的发展状况与政策	17
3.1 清洁煤发电技术分类	17
3.2 清洁煤发电技术概况	17
3.2.1 清洁煤发电技术特点	17

3.2.2 清洁煤发电发展现状	20
3.2.3 中国清洁煤发电产业	28
3.2.4 发电技术的综合比较	32
3.3 国际政策经验	37
3.3.1 总量控制政策	37
3.3.2 排放权交易政策	38
3.3.3 政府补贴政策	39
3.3.4 税收政策	40
3.4 中国政策分析	41
3.4.1 主要政策概述	41
3.4.2 政策效果评述	43
第四章 清洁煤发电的技术路径选择与 CO₂ 减排	46
4.1 清洁煤发电成本的静态成本分析	46
4.1.1 计算方法	46
4.1.2 变量设定	47
4.1.3 计算结果	51
4.2 清洁煤发电成本的动态分析	52
4.2.1 计算方法	52
4.2.2 风险变量设定	52
4.2.3 计算结果	55
4.3 清洁煤发电的技术路径选择	56
4.3.1 基于经济性的技术路径选择	56
4.3.2 基于引致创新和路径依赖的技术路径选择	57
4.4 清洁煤发电的 CO₂ 减排效果测算	58
4.4.1 计算方法	58
4.4.2 煤电需求预测	59
4.4.3 减排效果分析	61
第五章 结论与政策建议	63
5.1 结论	63

5.2 政策建议.....	65
附录.....	69
参考文献.....	71
致 谢	76

厦门大学博士论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and significance of this research	1
1.1.1 Background of this research	1
1.1.2 Significance of this research	2
1.2 Purpose and plan of this research	3
1.2.1 Purpose of this research	3
1.2.2 Plan of this research	3
1.3 Clean coal-fired power generation research summary	4
1.3.1 Abroad research summary	4
1.3.2 Domestic research summary	6
Chapter 2 Induced innovation & path dependence theories and environment policies	7
2.1 Overview of clean coal-fired power's innovation development	7
2.2 Inducement of innovation and technology progress	7
2.2.1 Price inducing	7
2.2.2 R&D inducing	8
2.2.3 Learning inducing	9
2.3 Path dependence and carbon lock-in	11
2.3.1 Path dependence theory	11
2.3.2 Carbon lock-in	12
2.4 Environment Policies	13
2.4.1 Legislation	13
2.4.2 Environment taxes	14
2.4.3 Subsidy	15
Chapter 3 Development status and policies of clean coal-fired power generation	17

3.1 Technology classified catalogue	17
3.2 Overviews of clean coal-fired power technology	17
3.2.1 Technology features of clean coal-fired power.....	17
3.2.2 Development status of clean coal-fired power.....	20
3.2.3 Industry of China's clean coal-fired power.....	28
3.2.4 Comprehensive comparison of power generation.....	32
3.3 International policy experience.....	37
3.3.1 Total amount control policy	37
3.3.2 Emissions trading policy.....	38
3.3.3 Government subsidy policy	39
3.3.4 Taxes policy	40
3.4 Analysis of China's policy	41
3.4.1 Overviews of the main policy.....	41
3.4.2 Policy effects review.....	43
Chapter 4 Technological path selection and CO₂ emissions abatement	
of clean coal-fired power	46
4.1 Static cost analysis of clean coal-fired power	46
4.1.1 Calculation method.....	46
4.1.2 Variables' setting	47
4.1.3 Results.....	51
4.2 Dynamic cost analysis of clean coal-fired power	52
4.2.1 Calculation method.....	52
4.2.2 Risk variables' setting.....	52
4.2.3 Results.....	55
4.3 Technological path selection of clean coal-fired power	56
4.3.1 Path selection over generation economy.....	56
4.3.2 Path selection over induced innovation & path dependence theories.....	57
4.4 CO₂ emissions abatement calculation of clean coal-fired power	58
4.4.1 Calculation method.....	58

4.4.2 Prediction of coal-fired power demand	59
4.4.3 Analysis of abatement effects	61
Chapter 5 Conclusions and policy proposals.....	63
5.1 Conclusions.....	63
5.2 Policy proposals.....	65
Appendix.....	69
References	71
Acknowledgements.....	76

第一章 绪论

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

能源是支持社会发展和经济增长的重要物质基础和生产要素。人类社会的历次重大发展也离不开能源的开发利用。煤炭的开发和利用催生了早期的工业革命，化石能源如石油、天然气的利用使得工业化进一步深化，交通、航天、基础工业的发展都离不开能源利用水平的提升。对于一个国家而言，充足稳定的能源供给是维持经济增长，保证社会发展的重要基石。能源往往在一个国家的经济崛起中扮演了重要的角色。工业革命后的欧洲因为煤炭的大量使用而走在世界前列，战后美国、苏联因为强大的能源供给力而保持了强大的国力。近年新能源的不断开发又使得具有技术优势的国家，如丹麦、美国等在相关领域走在了世界前列。

改革开放以来，中国经济经历了年均 10% 左右的持续高速增长，取得了巨大的社会主义建设成果，但这种高速的经济增长方式是粗放型的，严重依赖资源品和能源的消耗，同时也造成了严重的环境污染问题。

相对别的能源，煤炭在中国的能源结构中占据了重要的位置。据统计，中国煤炭生产在整个一次能源生产的占比，从 1978 年的 70% 上升到 2009 年的 77% 以上，达到了 21.23 亿吨。在中国的一次能源消费结构中，煤炭消费占一次能源消费的比例在 70% 左右。燃煤发电则在电力生产中占据重要的地位。中国的电力装机容量从 1990 年的 1.37 亿千瓦时增加到了 2010 年的 9.66 亿千瓦时。期间，火力发电（主要是燃煤发电）装机占比一直保持在 75% 上下。电力生产量从 1990 年的 6212 亿千瓦时增加到 2010 年的 42279 亿千瓦时，火力发电量占比维持在 80% 附近。

因此，煤炭以及煤电的技术、资源以及经济性等方面的研究一直都是能源经济学关注的重点领域。尤其是在强调“节能减排”，转变发展方式的背景下，以“清洁煤”为关注点的研究方兴未艾。本文也正是在这样的背景下，从技术、经济性、减排、路径选择以及政策等多个方面对中国的清洁煤发电进行研究。

1.1.2 研究意义

粗放型增长，低效的能源利用方式并不能维持中国经济的持续增长和社会的长远发展。清洁煤发电技术相对于传统的火电技术不仅具有环境和资源方面的优势，而且关系到中国节能减排与经济转型，甚至能源安全的问题。

随着工业的发展，以及环境保护的相对滞后，中国的环境处于持续的恶化之中。中国 90% 的二氧化硫、70% 烟尘和 67% 的氮氧化物排放来自煤炭的使用，在这些污染物排放中，燃煤发电占到了二氧化硫和氮氧化物排放总量的将近一半和三分之一。清洁煤发电技术可以帮助发电厂减少污染物的排放，从而提升社会环境质量。例如燃煤废气处理装置的安装使用，使得整个“十一五”期间中国二氧化硫排放量减少了 10%。

中国特定的资源禀赋决定了，煤炭是目前中国最安全的能源供给来源。中国煤炭储量丰富，对外依赖小。相比油气资源和新能源，煤炭在价格上也更加经济（如图 1-1 所示，相同热量的煤炭价格低于石油与天然气价格）。使用较低价格的煤炭作为主要能源供给，既可以保障中国的能源供给安全，减少对外依赖程度，又可以减少经济发展成本，增加中国的国际竞争力水平。

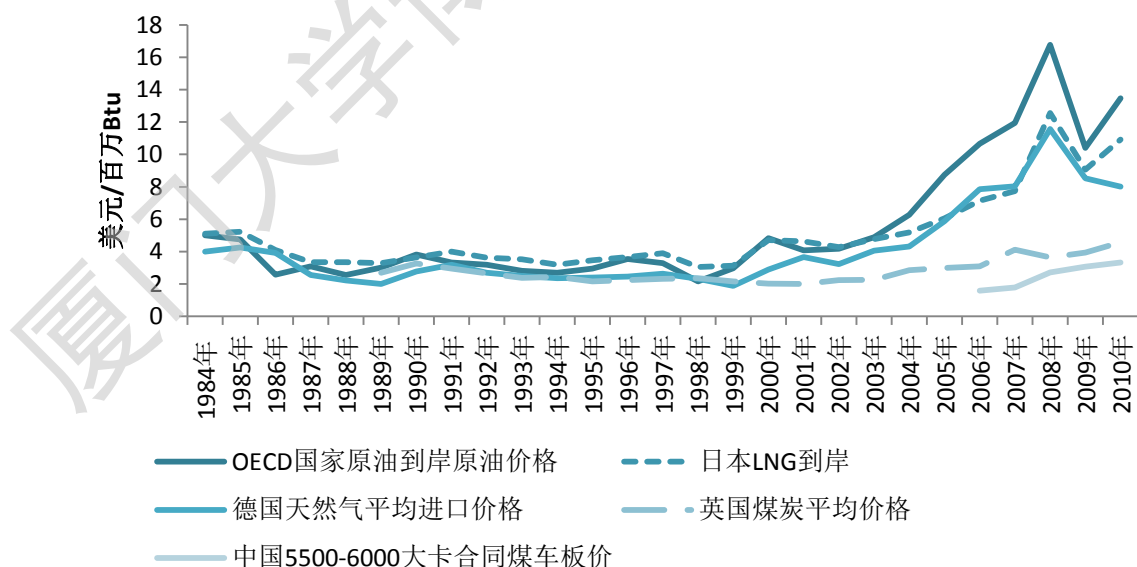


图 1-1 化石能源价格比较

资料来源：BP：《世界能源统计 2011》；Department of Energy & Climate Change；发改委价格监测中心^①

^① Btu 为英热单位，1Btu=1055.06J。英国煤炭平均价格来自英国的 Department of Energy & Climate Change

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库